



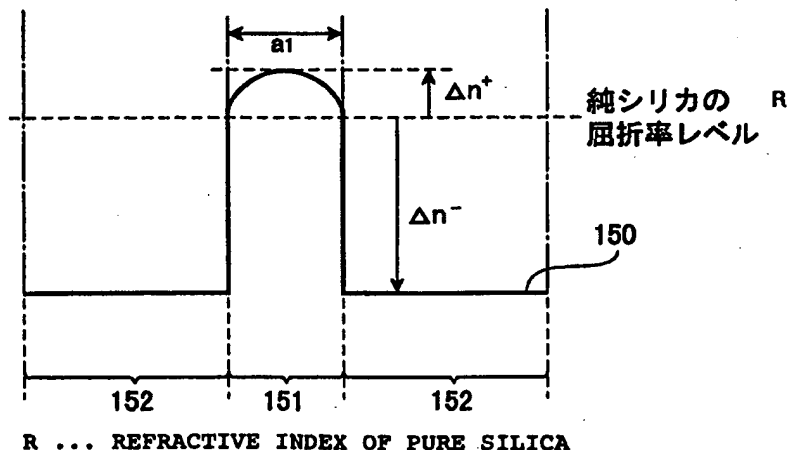
PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

| | | |
|--|---|--|
| <p>(51) 国際特許分類7 G02B 6/16, 6/00, C03B 37/018</p> | <p>A1</p> | <p>(11) 国際公開番号 WO00/42458</p> <p>(43) 国際公開日 2000年7月20日(20.07.00)</p> |
| <p>(21) 国際出願番号 PCT/JP99/07060</p> <p>(22) 国際出願日 1999年12月16日(16.12.99)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平11/009244 1999年1月18日(18.01.99) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)(JP/JP) 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 笹岡英資(SASAOKA, Eisuke)(JP/JP) 〒244-8588 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.) 〒104-0061 東京都中央区銀座二丁目6番12号 大倉本館 創英国際特許法律事務所 Tokyo, (JP)</p> | <p>(81) 指定国 AU, CA, CN, ID, IN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p> | |

(54)Title: OPTICAL FIBER AND METHOD OF MANUFACTURE THEREOF

(54)発明の名称 光ファイバ及びその製造方法



(57) Abstract

An optical fiber has a structure that can effectively decrease both transmission and bending losses. The optical fiber is composed mainly of silica and includes a core part and cladding part surrounding the core part. The core part contains chlorine to have a larger refractive index than that of pure silica, and the cladding part contains fluorine to have a smaller refractive index than that of pure silica. The peak ratio of the difference in refractive index between the core part and pure silica to the refractive index of pure silica is greater than 0.05 %.

(57)要約

この発明は、伝送損失及び曲げ損失の双方を効果的に低減する構造を備えた光ファイバに関する。この発明に係る光ファイバは、コア領域と該コア領域の周囲を覆うクラッド領域とを有するシリカを主材料とする光ファイバであり、コア領域には、純シリカの屈折率より大きい屈折率を有するよう塩素が添加され、クラッド領域には、純シリカの屈折率より小さい屈折率を有するようフッ素が添加されている。特に、当該光ファイバは、純シリカの屈折率に対するコア領域の比屈折率差のピーク値が0.05%以上であることを特徴としている。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

| | | | | | | | |
|----|--------------|----|---------|----|----------------|----|------------|
| AE | アラブ首長国連邦 | DM | ドミニカ | KZ | カザフスタン | RU | ロシア |
| AG | アンティグア・バーブーダ | DZ | アルジェリア | LC | セントルシア | SD | スーダン |
| AL | アルバニア | EE | エストニア | LI | リヒテンシュタイン | SE | スウェーデン |
| AM | アルメニア | ES | スペイン | LK | スリ・ランカ | SG | シンガポール |
| AT | オーストリア | FI | フィンランド | LR | リベリア | SI | スロヴェニア |
| AU | オーストラリア | FR | フランス | LS | レソト | SK | スロヴァキア |
| AZ | アゼルバイジャン | GA | ガボン | LT | リトアニア | SL | シエラ・レオネ |
| BA | ボスニア・ヘルツェゴビナ | GB | 英国 | LV | ラトヴィア | SN | セネガル |
| BB | バルバドス | GD | グレナダ | LU | ルクセンブルグ | SZ | スワジランド |
| BE | ベルギー | GE | グルジア | MA | モロッコ | TD | チャード |
| BF | ブルキナ・ファソ | GH | ガーナ | MC | モナコ | TG | トーゴ |
| BG | ブルガリア | GM | ガンビア | MD | モルドヴァ | TJ | タジキスタン |
| BJ | ベナン | GN | ギニア | MG | マダガスカル | TM | トルクメニスタン |
| BR | ブラジル | CR | ギリシャ | MK | マケドニア旧ユーゴスラヴィア | TR | トルコ |
| BY | ベラルーシ | GW | ギニア・ビサウ | | 共和国 | TT | トリニダード・トバゴ |
| CA | カナダ | HR | クロアチア | ML | マリ | TZ | タンザニア |
| CF | 中央アフリカ | HU | ハンガリー | MN | モンゴル | UA | ウクライナ |
| CG | コンゴ | ID | インドネシア | MR | モーリタニア | UG | ウガンダ |
| CH | スイス | IE | アイルランド | MW | マラウイ | US | 米国 |
| CI | コートジボアール | IL | イスラエル | MX | メキシコ | UZ | ウズベキスタン |
| CM | カメルーン | IN | インド | MZ | モザンビーク | VN | ヴェトナム |
| CN | 中国 | IS | アイスランド | NE | ニジェール | YU | ユーゴスラヴィア |
| CR | コスタ・リカ | IT | イタリア | NL | オランダ | ZA | 南アフリカ共和国 |
| CU | キューバ | JP | 日本 | NO | ノルウェー | ZW | ジンバブエ |
| CY | キプロス | KE | ケニア | NZ | ニュージーランド | | |
| CZ | チェッコ | KG | キルギスタン | PL | ポーランド | | |
| DE | ドイツ | KP | 北朝鮮 | PT | ポルトガル | | |
| DK | デンマーク | KR | 韓国 | RO | ルーマニア | | |

明細書

光ファイバ及びその製造方法

技術分野

- 5 この発明は、長距離光通信システムにおける光伝送路に適した光ファイバ及びその製造方法に関するものである。

背景技術

- 10 光通信システムにおいて信号光を伝送する光伝送路として、従来から幾つかのタイプの光ファイバが利用され、あるいは研究されている。例えば、第1従来例として、コア領域にゲルマニウムが添加されたシリカガラス系光ファイバ（以下、Ge添加コア光ファイバという）が利用されている。また、第2従来例として、コア領域にゲルマニウムを含まず、その周囲のクラッド領域にフッ素が添加されたシリカガラス系光ファイバ（以下、純シリカコア光ファイバという）が利用さ
- 15 れている。さらに、第3従来例として、Taknaka, et al., "High Silica Core Single-Mode Fibers for 1.55 μ m Transmission", Fujikura Technical Review, 1990 には、残留応力を低減させるためにコア領域に塩素が添加され、線引後に得られる光ファイバの屈折率プロファイルの変形を効果的に抑制する構造を備えたシリカガラス系光ファイバ（以下、塩素添加コア光ファイバという）が記載されている。

20

発明の開示

- 発明者らは、上述の先行技術を検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、通信用の光ファイバには伝送損失が小さいことが要求され、また、ケーブル化等を考慮すると曲げ損失も小さいことが要求される。なお、曲げ損失を
- 25 低減するには、クラッド領域の屈折率に対するコア領域の比屈折率差を大きくし、光の閉じ込め効率を高くする必要である。

ここで、第1従来例である上記Ge添加コア光ファイバにおいて、曲げ損失の低減は、コア領域におけるゲルマニウムの添加量を増やし、該コア領域とクラッド領域との比屈折率差を大きくすることにより実現できる。しかしながら、入射光の光パワーが集中するコア領域に多量のゲルマニウムが添加されると、該ゲルマニウムのレーリ散乱係数が純シリカのレーリ散乱係数よりも大きいことに起因して伝送損失が大きくなってしまう。このため、第1従来例である上記Ge添加コア光ファイバでは、伝送損失及び曲げ損失の双方を効果的に低減することは難しい。

また、第2従来例である上記純シリカコア光ファイバの場合、曲げ損失の低減は、クラッド領域におけるフッ素の添加量を増やし、純シリカからなるコア領域とクラッド領域との比屈折率差を大きくすることにより実現できる。しかしながら、この第2従来例では、クラッド領域におけるフッ素の添加量が増加しても、コア領域が純シリカであることから、レーリ散乱に起因した伝送損失は小さいが、クラッド領域にフッ素を多量に添加することは製造上難しい。また、コア領域及びクラッド領域それぞれの物性値（加熱時の粘度等）の差が大きくなることから、コア領域とクラッド領域との間の界面における構造不整合等に起因した伝送損失が大きくなる。したがって、このような純シリカコア光ファイバの場合も、伝送損失及び曲げ損失の双方を効果的に低減することは難しい。

なお、第3従来例である上記塩素添加コア光ファイバの場合、上記 Tanaka 文献には、海底ケーブル化に当たって必要な曲げ損失のレベルは直径20mmの曲げに対しておおよそ3~1dB/m以下である旨が記載されている。しかしながら、この記載は、単に曲げ損失の要求値を単に述べたにすぎず、この曲げ損失の要求値を満たす光ファイバを如何にして実現するかについて上記文献には何ら記載されておらず、また、実際に如何なるレベルまで曲げ損失が低減され得るかについても記載されていない。

この発明は上述のような課題を解決するためになされたものであり、伝送損失

及び曲げ損失の双方を効果的に低減する構造を備えた光ファイバ及びその製造方法を提供することを目的としている。

5 この発明に係る光ファイバは、所定量の塩素を含むコア領域と、該コア領域の外周に設けられ、かつ所定量のフッ素を含むクラッド領域とを備えたシリカを主材料とする光ファイバである。特に、当該光ファイバにおいて、純シリカの屈折率に対する上記コア領域の比屈折率差のピーク値は0.05%以上であることを特徴としている。

10 この発明に係る光ファイバによれば、コア領域に添加される塩素のレーリ散乱係数が小さいことから、レーリ散乱に起因した伝送損失は小さい。また、不純物として塩素がコア領域に添加されることによりコア領域及びクラッド領域それぞれの物性値の差が小さくなり、コア領域とクラッド領域との間の界面における構造不整合等に起因した伝送損失も小さくなる。さらに、純シリカの屈折率に対するコア領域の比屈折率差のピーク値は0.05%以上であるので、曲げ損失も十分低減される。

15 なお、上記コア領域において、添加された塩素の濃度は、該コア領域の周辺から中心に向かって高くなっているのが好ましい。コア領域周辺の塩素濃度を該コア領域中心よりも下げることにより、コア領域及びクラッド領域それぞれの物性値の差はさらに小さくなり、コア領域とクラッド領域との間の界面における構造不整合等に起因した伝送損失がさらに低減される。

20 また、上記コア領域に添加された塩素は、この発明に係る光ファイバの製造過程においてクラッド領域に拡散するため、該クラッド領域の少なくとも一部には塩素が含まれている。

25 この発明に係る光ファイバは、OH基に起因した波長 $1.38\mu\text{m}$ における伝送損失の増加分が、 0.5 dB/km 以下である。このような伝送損失の低減は、当該光ファイバの製造過程においてハロゲンガスを利用した脱水処理を十分行うことにより達成され、コア領域に含まれる塩素もこの脱水工程において導入され

る。なお、上記 Tanaka 文献の図 8 に示された例では、波長 $1.38 \mu\text{m}$ における OH 基に起因した伝送損失の増加分は 0.6 dB/km を越えており、脱水処理は行われていないか不十分である。

5 この発明に係る光ファイバは、 $1.34 \mu\text{m}$ かあるいはそれよりも長波長側に零分散波長を有する。このように、零分散波長が $1.34 \mu\text{m}$ かそれよりも長波長側に設定されることにより、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における波長分散が低減され、分散補償が不要であるか、あるいは少ない分散補償量で波長 $1.55 \mu\text{m}$ での光伝送が可能になる。また、このように零分散波長を設定するとともに、OH 基に起因した波長 $1.38 \mu\text{m}$ の伝送損失を 0.5 dB/km 以下に抑えることにより、 $1.38 \mu\text{m}$ 波長帯も信号光波長帯として利用することができる。

10 なお、コア領域とクラッド領域との比屈折率差を一定に保ったまま零分散波長を長波長側にシフトさせるためには、該コア領域の外径を小さくする必要があるが、該コア領域の外径を小さくすると曲げ損失が増加する。一方、曲げ損失を低減するためにはコア領域とクラッド領域との比屈折率差を大きくすることが有効であるが、コア領域におけるゲルマニウム添加量を増加させて比屈折率差を大きくすると伝送損失が増加する。このような観点から、当該光ファイバは、コア領域にゲルマニウムを含まず、クラッド領域にフッ素を添加することで十分な比屈折率差を得ている。

20 この発明に係る光ファイバは、使用波長帯域の光に対し、 $100 \mu\text{m}^2$ 以上の実効断面積を有する。実効断面積が $100 \mu\text{m}^2$ 以上であれば、光ファイバの非線形性が低減され、光ファイバアンプを使用した波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 伝送などの、高いパワーの光入力がある場合に有効となる。

25 なお、曲げ損失の増加を効果的に抑制するとともにきわめて大きな実効断面積を得るためには、ディプレストクラッド構造が好ましい。このため、この発明に係る光ファイバにおいて、上記クラッド領域は、上記コア領域の外周に設けられ

るとともに、該コア領域の平均屈折率よりも低い平均屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられるとともに、該コア領域の平均屈折率よりも低くかつ該内側クラッドの平均屈折率よりも高い平均屈折率を有する外側クラッドを備えた構造であってもよい。

- 5 この発明に係る光ファイバ製造方法は、上記コア領域となるべき多孔質ガラス体を得る第1堆積工程と、脱水処理工程と、第1堆積工程で得られた多孔質ガラス体を透明にする第1焼結工程とを備える。

 なお、上記多孔質ガラス体は、VAD (Vapor phase axial deposition) 法、OVD (Outside vapor phase deposition) 法等の気相合成法により得られる。

- 10 また、上記脱水処理工程は、塩素元素を含む雰囲気中で上記第1堆積工程で得られた多孔質ガラス体を加熱することにより行われるが、少なくとも該雰囲気中における塩素濃度は、得られる光ファイバにおいて、純シリカに対するコア領域の比屈折率差のピーク値が0.05%以上となる程度に調節される必要がある。

- さらに、当該製造方法は、上記第1焼結工程により得られた透明ガラス体の外周に、クラッド領域となるべき1又はそれ以上の多孔質ガラス層を順次堆積させる第2堆積工程と、該第2堆積工程により得られた1又はそれ以上の多孔質ガラス層を透明にする第2焼結工程を備える。なお、この第2堆積工程と第2焼結工程との間に塩素を含む雰囲気中で加熱する脱水処理を行ってもよい。
- 15

20 図面の簡単な説明

 図1Aは、この発明に係る光ファイバにおける第1～第4実施例の断面構図を示す図であり、図1Bは、これら第1～第4実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

 図2は、比較例としての純シリカコア光ファイバの屈折率プロファイルである。

- 25 図3は、第1～第4実施例に係る光ファイバと比較例である純シリカコア光ファイバのそれぞれについて、モードフィールド径と曲げ損失との関係についてシ

ミュレーションした結果を示すグラフ（コア領域とクラッド領域との比屈折率差は一定）である。

図４Ａは、この発明に係る光ファイバにおける第５実施例の断面構図を示す図であり、図４Ｂは、この第５実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図５Ａ～図５Ｃは、この発明に係る光ファイバの製造工程のうち、第１堆積工程（図５Ａ）、脱水処理工程（図５Ｂ）、第１焼結工程（図５Ｃ）をそれぞれ説明するための図である。

図６Ａ及び図６Ｂは、この発明に係る光ファイバの製造工程のうち、第２堆積工程（図６Ａ）、脱水処理工程（図６Ｂ）をそれぞれ説明するための図である。

図７Ａ及び図７Ｂは、この発明に係る光ファイバの製造工程のうち、第２焼結工程（図７Ａ）、線引き工程（図７Ｂ）をそれぞれ説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明に係る光ファイバの各実施例を図１Ａ、図１Ｂ、図２、図３、図４Ａ～図７Ｂを用いて詳細に説明する。なお、図面の説明において、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

図１Ａは、この発明に係る光ファイバの第１実施例（第２～第４実施例についても同様）の断面構造を示す図であり、図１Ｂは、この第１実施例に係る光ファイバ１００の屈折率プロファイルである。

図１Ａに示されたように、第１実施例に係る光ファイバ１００は、所定軸に沿って伸びた外径 a_1 のコア領域１１０と、該コア領域１１０の外周に設けられたクラッド領域１２０とを備えている。コア領域１１０には、所定量の塩素が添加され、純シリカの屈折率より高い屈折率を有している。一方、クラッド領域１２０には、所定量のフッ素が添加され、純シリカの屈折率より低い屈折率を有している。特に、この第１実施例に係る光ファイバ１００において、コア領域１１０

に添加される塩素濃度は、純シリカの屈折率に対するコア領域 110 の比屈折率差 Δn^+ のピーク値が 0.05% 以上になるよう設定されている。なお、純シリカに対するクラッド領域 120 の比屈折率差は Δn^- である。

5 また、この第 1 実施例に係る光ファイバ 100 において、コア領域 110 に添加された塩素濃度は、コア領域 110 の周辺から該コア領域 110 の中心に向かって高くなっている。

ここで、図 1B に示された屈折率プロファイル 150 の横軸は、図 1A に示された第 1 実施例（第 2～第 4 実施例についても同様）に係る光ファイバ 100 の断面（伝搬する信号光の進行方向に対して垂直な面）における線 L1 上の各部に
10 相当している。さらに、この屈折率プロファイル 150 において、領域 151 は上記コア領域 110 における線 L1 上の各部位の屈折率、領域 152 は上記クラッド領域 120 における線 L1 上の各部位の屈折率に対応している。

純シリカを基準としたコア領域 110 の比屈折率差 Δ^+ 、及びクラッド領域 120 の比屈折率差 Δ^- は、それぞれ以下のように定義されている。

15
$$\Delta^+ = (n_1 - n_0) / n_0$$

$$\Delta^- = (n_2 - n_0) / n_0$$

ここで、 n_1 はコア領域 110 の屈折率、 n_2 はクラッド領域 120 の屈折率、 n_0 は純シリカの屈折率である。また、この明細書では、比屈折率差 Δ は百分率で表示されており、各定義式における各領域の屈折率は順不同である。したがって、 Δ が負の値の場合、対応する領域の屈折率は純シリカの屈折率よりも低いこ
20 とを意味する。

なお、この第 1 実施例に係る光ファイバ 100 を含め、この発明に係る光ファイバでは、上記クラッド領域の少なくとも一部にも、塩素が含まれている。また、OH 基に起因した波長 1.38 μm における伝送損失の増加分は、0.5 dB/km 以下である。零分散波長は、1.34 μm かあるいはそれよりも長波長側に
25 設定されている。このように、零分散波長が 1.34 μm かそれよりも長波長側

に設定されることにより、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散が低減され、分散補償が不要であるか、あるいは少ない分散補償量で波長 $1.55\mu\text{m}$ での光伝送が可能になる。また、このように零分散波長を設定するとともに、OH基に起因した波長 $1.38\mu\text{m}$ の伝送損失を 0.5dB/km 以下に抑えることにより、

5 $1.38\mu\text{m}$ 波長帯も信号光波長帯として利用することができる。加えて、この発明に係る光ファイバは、使用波長帯域の光に対し $100\mu\text{m}^2$ 以上の実効断面積 A_{eff} を有する。実効断面積 A_{eff} が $100\mu\text{m}^2$ 以上であれば、光ファイバの非線形性が低減され、光ファイバアンプを使用したWDM伝送などの、高いパワーの光入力がある場合に有効となる。

10 なお、上記実効断面積 A_{eff} は、特開平8-248251号公報 (EP 0 724 171 A2) に示されたように、以下の(1)式で与えられる。

$$A_{\text{eff}} = 2\pi \left(\int_0^{\infty} E^2 r dr \right)^2 / \left(\int_0^{\infty} E^4 r dr \right) \dots (1)$$

ここで、Eは伝搬光に伴う電界、rはコア中心からの径方向の距離である。

次に、図2は、比較例である純シリカコア光ファイバの屈折率プロファイルである。比較例の純シリカコア光ファイバも図1Aに示された第1実施例と同様の断面構造を有するが、コア領域が純シリカである点で第1実施例と異なっている。

15 したがって、この比較例は、純シリカからなる外径 a_2 のコア領域と、該コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備える。なお、クラッド領域には所定量のフッ素が添加されており、該コア領域(純シリカ)に対する比屈折率差が Δn ($= (n_2 - n_0) / n_0$) に設定されている。

20 屈折率プロファイル250の横軸は、図1Bの屈折率プロファイルと同様に、図1Aに示された線L1上の各部位に対応している。また、領域251はコア領域における線L1上の各部位の屈折率、領域252はクラッド領域における線L2上の各部位の屈折率に相当している。

図3は、以上のような構造を備えた第1実施例に係る光ファイバ100と、比較例である純シリカコア光ファイバそれぞれの、モードフィールド径と曲げ損失との関係についてシミュレーションした結果を示すグラフである。この図にプロットされた白丸Aは、第1実施例に係る光ファイバ100についてのシミュレーション結果を示し、黒丸Bは、純シリカコア光ファイバについてのシミュレーション結果を示す。

シミュレーションの条件は以下のとおりである。第1実施例に係る光ファイバ100及び比較例である純シリカコア光ファイバの何れにおいても、純シリカの屈折率に対するクラッド領域の比屈折率差 Δn^- は -0.3% 、曲げ損失(dB/m)の測定値は直径20mmに曲げたときの波長 $1.55\mu\text{m}$ での測定値である。なお、第1実施例に係る光ファイバにおいて、純シリカの屈折率に対するコア領域の比屈折率差 Δn^+ のピーク値は 0.05% である。

この図から分かるように、純シリカコア光ファイバと比べて、第1実施例に係る光ファイバ100は、曲げ損失が1桁以上も低減されている。例えば、モードフィールド径が $11.2\mu\text{m}$ のとき、純シリカコア光ファイバの曲げ損失が 20dB/m 程度であるのに対して、当該光ファイバ100の曲げ損失は 0.6dB/m 程度である。

次に、実際に2種類のサンプルを試作し、これらサンプルについて比較・評価した結果を説明する。なお、試作された第1サンプルは、この第1実施例に係る光ファイバ100であって、試作された第2サンプルは比較例である純シリカコア光ファイバである。

試作された第1サンプル(第1実施例に係る光ファイバ100)は、コア領域110の外径 a_1 が $11.0\mu\text{m}$ 、純シリカの屈折率に対するコア領域110の比屈折率差 Δn^+ のピーク値が 0.05% 、純シリカの屈折率に対するクラッド領域120の比屈折率差 Δn^- が -0.3% 、波長 $1.55\mu\text{m}$ における伝送損失が 0.175dB/km であった。また、2m長でのカットオフ波長は1.5

3 μm 、波長 1.55 μm におけるモードフィールド径は 11.2 μm 、直径 20 mmに曲げたときの波長 1.55 μm での曲げ損失は 0.5 dB/mであった。なお、第1サンプルの場合、波長 1.38 μm におけるOH基に起因した伝送損失の増加分は 0.3 dB/kmであった。

- 5 一方、試作された第2サンプル（純シリカコア光ファイバ）は、コア領域の外径 a_2 が 9.2 μm 、コア領域（純シリカ）の屈折率に対するクラッド領域の比屈折率差 Δn^- が -0.3%、波長 1.55 μm における伝送損失が 0.176 dB/kmであった。また、2 m長でのカットオフ波長は 1.25 μm 、波長 1.55 μm におけるモードフィールド径は 11.2 μm 、直径 20 mmで曲げたときの波長 1.55 μm での曲げ損失は 20.3 dB/mであった。これらの評価結果は上述のシミュレーション結果とよく一致している。

第2実施例

- 次に、この発明に係る光ファイバの第2実施例について説明する。第2実施例に係る光ファイバ 100も、図1Aに示された第1実施例と同様に、塩素が添加されたコア領域 110と、フッ素が添加されたクラッド領域 120とを備える。したがって、この第2実施例の光ファイバ 100も図1Bに示された屈折率プロファイルと同様の屈折率プロファイルを有する。

- 第2実施例として試作されたサンプルは、コア領域 110に、純シリカの屈折率に対する該コア領域 110の比屈折率差 $\Delta n^+ (= (n_1 - n_0) / n_0)$ のピーク値が 0.10%になるように塩素が添加され、クラッド領域 120に、純シリカの屈折率に対する該クラッド領域の比屈折率差 $\Delta n^- (= (n_2 - n_0) / n_0)$ が -0.25%になるようにフッ素が添加されている。また、コア領域 110の直径 a_1 は 13.0 μm 、波長 1.55 μm における伝送損失は 0.171 dB/kmであった。さらに、2 m長でのカットオフ波長は 1.60 μm 、波長 1.55 μm におけるモードフィールド径は 12.1 μm 、直径 20 mmで曲げたときの波長 1.55 μm での曲げ損失は 0.2 dB/mであった。なお、この

サンプルの場合も、波長 $1.38 \mu\text{m}$ における OH 基に起因した伝送損失の増加
分は 0.3 dB/km であった。

一方、比較のために試作された純シリカコア光ファイバのサンプルは、コア領
域の外径 a_2 が $9.4 \mu\text{m}$ 、コア領域（純シリカ）の屈折率に対するクラッド領
域の比屈折率差 Δn^- が -0.25% 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における伝送損失が 0.170 dB/km であった。また、 2 m 長でのカットオフ波長は $1.16 \mu\text{m}$ 、
波長 $1.55 \mu\text{m}$ におけるモードフィールド径は $12.1 \mu\text{m}$ 、直径 20 mm に
曲げたときの波長 $1.55 \mu\text{m}$ での曲げ損失は 77.5 dB/m であった。

第3実施例

次に、この発明に係る光ファイバの第3実施例について説明する。この第3実
施例に係る光ファイバ100も、図1Aに示された第1実施例と同様に、塩素が
添加されたコア領域110と、フッ素が添加されたクラッド領域120とを備え
る。したがって、この第3実施例の光ファイバ100も図1Bに示された屈折率
プロファイルと同様の屈折率プロファイルを有する。

第3実施例として試作されたサンプルは、コア領域110に、純シリカの屈折
率に対する該コア領域110の比屈折率差 $\Delta n^+ (= (n_1 - n_0) / n_0)$ のピ
ーク値が 0.10% になるように塩素が添加され、クラッド領域120に、純シ
リカの屈折率に対する該クラッド領域120の比屈折率差 $\Delta n^- (= (n_2 - n_0) / n_0)$ が -0.35% になるようにフッ素が添加されている。また、零分散波
長が $1.35 \mu\text{m}$ になるようにコア領域の外径 a_1 は $6.8 \mu\text{m}$ に設定されてい
る。

このように試作された第3実施例のサンプルにおいて、波長 $1.55 \mu\text{m}$ にお
ける諸特性は

| | | |
|---------------------------------------|---|---------|
| 伝送損失 (dB/km) | : | 0.173 |
| 波長分散 (ps/nm/km) | : | 11.7 |
| 分散スロープ ($\text{ps/nm}^2/\text{km}$) | : | 0.052 |

モードフィールド径 (μm) : 9.29

直径20mmでの曲げ損失 (dB/m): 13.3

であった。また、2m長でのカットオフ波長は $1.10\mu\text{m}$ であり、波長 $1.38\mu\text{m}$ におけるOH基に起因した伝送損失の増加分は 0.3 dB/km であった。

5 なお、この明細書において、分散スロープとは、分散の波長依存性を示すグラフの傾きで与えられる。

一方、比較例として試作された純シリカコア光ファイバのサンプルは、クラッド領域に、コア領域（純シリカ）の屈折率に対する該クラッド領域の比屈折率差 Δn^- が -0.35% となるようにフッ素が添加されるとともに、零分散波長が
10 $1.35\mu\text{m}$ になるようにコア領域の外径 a_2 が $7.0\mu\text{m}$ に設定されている。

このように比較例として試作されたサンプルにおいて、波長 $1.55\mu\text{m}$ における諸特性は

伝送損失 (dB/km) : 0.172

波長分散 (ps/nm/km) : 12.5

15 分散スロープ (ps/nm²/km) : 0.054

モードフィールド径 (μm) : 10.3

直径20mmでの曲げ損失 (dB/m): 73.5

であった。また、2m長でのカットオフ波長は $1.00\mu\text{m}$ であった。

以上の測定結果から、この第3実施例に係る光ファイバ100は、従来の純シリカコア光ファイバと同等の零分散波長、伝送損失等の伝送特性を維持しつつ、
20 曲げ損失を大幅に低減できることが分かる。

第4実施例

この発明に係る光ファイバの第4実施例も、図1Aに示された第1実施例と同様に、塩素が添加されたコア領域110と、フッ素が添加されたクラッド領域120とを備える。したがって、この第4実施例の光ファイバ100も図1Bに示された屈折率プロファイルと同様の屈折率プロファイルを有する。
25

第4実施例として試作されたサンプルは、コア領域110に、純シリカの屈折率に対する該コア領域110の比屈折率差 $\Delta n^+ (= (n_1 - n_0) / n_0)$ のピーク値が0.05%になるように塩素が添加され、クラッド領域120に、純シリカの屈折率に対する該クラッド領域120の比屈折率差 $\Delta n^- (= (n_2 - n_0) / n_0)$ が-0.30%になるようにフッ素が添加されている。また、波長1.55 μm における実効断面積 A_{eff} が103 μm^2 になるようにコア領域の外径 a_1 は11.4 μm に設定されている。

このように試作された第4実施例のサンプルにおいて、波長1.55 μm における諸特性は

| | | | |
|----|---------------------------------|---|-------|
| 10 | 伝送損失 (dB/km) | : | 0.172 |
| | 波長分散 (ps/nm/km) | : | 20.5 |
| | 分散スロープ (ps/nm ² /km) | : | 0.059 |
| | モードフィールド径 (μm) | : | 11.4 |
| | 直径20mmでの曲げ損失 (dB/m) | : | 0.4 |

15 であつた。また、2m長でのカットオフ波長は1.58 μm であり、波長1.38 μm におけるOH基に起因した伝送損失の増加分は0.3 dB/kmであつた。なお、この第4実施例のサンプルにおいて、2m長でのカットオフ波長は使用波長よりも長波長(1.58 μm)になっているが、ITUで規定されているケーブルカットオフ波長(22m長で測定)は1.50 μm であり実用上問題ない。

20 一方、比較例として試作された純シリカコア光ファイバのサンプルは、クラッド領域に、コア領域(純シリカ)の屈折率に対する該クラッド領域の比屈折率差 Δn^- が-0.30%となるようにフッ素が添加されるとともに、波長1.55 μm での実効断面積 A_{eff} が103 μm^2 になるようにコア領域の外径 a_2 が10.2 μm に設定されている。

25 このように比較例として試作されたサンプルにおいて、波長1.55 μm における諸特性は

| | |
|---------------------------------|---------|
| 伝送損失 (dB/km) | : 0.172 |
| 波長分散 (ps/nm/km) | : 19.1 |
| 分散スロープ (ps/nm ² /km) | : 0.057 |
| モードフィールド径 (μm) | : 11.5 |

5 直径20mmでの曲げ損失 (dB/m): 6.7

であった。また、2m長でのカットオフ波長は1.38μmであった。

以上の測定結果から、この第4実施例に係る光ファイバ100は、従来の純シリカコア光ファイバと同等の実効断面積 A_{eff} 、伝送損失等の伝送特性を維持しつつ、曲げ損失を大幅に低減できることが分かる。

10 第5実施例

上述の第1～第4実施例は、何れも単一のクラッド領域を備えたマッチド型の屈折率プロファイルを有するが、曲げ損失の増加を効果的に抑制するとともにきわめて大きな実効断面積 A_{eff} を得るためにはディプレストクラッド型の屈折率プロファイルが有効である。したがって、第5実施例に係る光ファイバは、上記

15 クラッド領域が、コア領域の外周に設けられるとともに、該コア領域の平均屈折率よりも低い平均屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられるとともに、該コア領域の平均屈折率よりも低くかつ該内側クラッドの平均屈折率よりも高い平均屈折率を有する外側クラッドから構成されたディプレストクラッド構造を備える。

20 図4Aは、この発明に係る光ファイバの第5実施例の断面構造を示す図であり、図4Bは、この第5実施例に係る光ファイバ300の屈折率プロファイルである。

図4Aに示されたように、第5実施例に係る光ファイバ300は、所定軸に沿って伸びた外径a3のコア領域310と、該コア領域310の外周に設けられたクラッド領域320とを備えている。なお、クラッド領域320は、コア領域3

25 10の外周に設けられ、該コア領域の平均屈折率よりも低い平均屈折率を有する外径bの内側クラッド321と、内側クラッド321の外周に設けられ、該内側

クラッドの平均屈折率よりも高くかつコア領域の平均屈折率よりも低い外側クラッド 3 2 2 から構成されている。また、コア領域 3 1 0 には、所定量の塩素が添加され、純シリカの屈折率より高い屈折率を有している。一方、クラッド領域 3 2 0 において、内側クラッド 3 2 1 及び外側クラッド 3 2 2 のそれぞれには、所定量のフッ素が添加され、純シリカの屈折率より低い屈折率を有している。特に、この第 5 実施例に係る光ファイバ 3 0 0 において、コア領域 3 1 0 に添加される塩素濃度は、純シリカの屈折率に対するコア領域 3 1 0 の比屈折率差 Δn^+ のピーク値が 0.05% 以上になるよう設定されている。純シリカに対する内側クラッド 3 2 1 の比屈折率差は Δn_2^- 、純シリカに対する外側クラッド 3 2 2 の比屈折率差は Δn_1^- である。この第 5 実施例に係る光ファイバ 3 0 0 もコア領域 3 1 0 に添加された塩素濃度は、コア領域 3 1 0 の周辺から該コア領域 3 1 0 の中心に向かって高くなっている。

ここで、図 4 B に示された屈折率プロファイル 3 5 0 の横軸は、図 4 A に示された第 5 実施例に係る光ファイバ 3 0 0 の断面（伝搬する信号光の進行方向に対して垂直な面）における線 L 2 上の各部に相当している。さらに、この屈折率プロファイル 3 5 0 において、領域 3 5 1 は上記コア領域 3 1 0 における線 L 2 上の各部位の屈折率、領域 3 5 2 は上記内側クラッド 3 2 1 における線 L 2 上の各部位の屈折率、領域 3 5 3 は上記外側クラッド 3 2 2 における線 L 2 上の各部位の屈折率に対応している。

純シリカを基準としたコア領域 3 1 0 の比屈折率差 Δ^+ 、及び内側クラッド 3 2 1 の比屈折率差 Δ_2^- 、外側クラッド 3 2 2 の比屈折率差 Δ_1^- は、それぞれ以下のように定義されている。

$$\Delta^+ = (n_1 - n_0) / n_0$$

$$\Delta_1^- = (n_2 - n_0) / n_0$$

$$\Delta_2^- = (n_3 - n_0) / n_0$$

ここで、 n_1 はコア領域 1 1 0 の屈折率、 n_2 は外側クラッド 3 2 2 の屈折率、

n_3 は内側クラッド321の屈折率、 n_0 は純シリカの屈折率である。また、比屈折率差 Δ は百分率で表示されており、各定義式における各領域の屈折率は順不同である。したがって、 Δ が負の値の場合、対応する領域の屈折率は純シリカの屈折率よりも低いことを意味する。

- 5 第5実施例として試作されたサンプルにおいて、コア領域310の外径 a_3 は14.8 μm 、内側クラッド321の外径 b は59.0 μm である。また、コア領域310には、純シリカの屈折率に対する該コア領域310の比屈折率差 $\Delta n^+ (= (n_1 - n_0) / n_0)$ のピーク値が0.07%になるように塩素が添加され、内側クラッド321及び外側クラッド322には、純シリカの屈折率に対する各比屈折率差 $\Delta n_1^- (= (n_2 - n_0) / n_0)$ $\Delta n_2^- (= (n_3 - n_0) / n_0)$ が-0.23%、-0.16%になるようにそれぞれフッ素が添加されている。

このように試作された第5実施例のサンプルにおいて、波長1.55 μm における諸特性は

- | | | |
|----|--|---------|
| | 実効断面積 $A_{\text{eff}} (\mu\text{m}^2)$ | : 153 |
| 15 | 伝送損失 (dB/km) | : 0.170 |
| | 波長分散 (ps/nm/km) | : 21.8 |
| | 分散スロープ (ps/nm ² /km) | : 0.063 |
| | 直径20mmでの曲げ損失 (dB/m): | 0.2 |

- であった。また、2mでのカットオフ波長は1.45 μm であり、波長1.38 μm におけるOH基に起因した伝送損失の増加分は0.3dB/kmであった。

以上、この第5実施例の測定結果からも分かるように、ディプレストクラッド構造の採用により、曲げ損失の増加を抑制した状態で実効断面積 A_{eff} を著しく大きくすることが可能になる。

- 25 以上のように、この発明に係る光ファイバは、純シリカコア光ファイバと同程度の伝送損失及びモードフィールド径を維持しつつ、該純シリカコア光ファイバと比べて大幅に曲げ損失を低減することができる。

次に、この発明に係る光ファイバの製造方法について、図5A～図7Bを用いて説明する。なお、詳細な製造工程については、例えば、特開平5-24873号公報、特開平10-53423号公報、特開平10-206654号公報、特開平10-206669号公報などに開示されている。

- 5 この発明に係る光ファイバの製造方法では、最初にコア領域110(310)となるべき多孔質ガラス体50をVAD(Vapor phase axial deposition)法、OVD(Outside vapor phase deposition)法等の気相合成法により形成する(第1堆積工程)。

- 10 図5A～図5Cは、上記VAD法によりコア領域110(310)となるべきガラス母材を得るまでの工程を示した図であり、図5Aは第1堆積工程、図5Bは脱水処理工程、図5Cは第1焼結工程をそれぞれ説明するための図である。

- 15 まず、第1堆積工程では、図5Aに示されたスス付け装置により多孔質ガラス体50が製造される。このスス付け装置は、少なくとも排気口504を備えた容器500と、成長する多孔質ガラス体50(スス体)を支持するための支持機構503を備えている。また、支持機構503には回転可能な棒502が設けられており、この支持棒502の先端には多孔質ガラス体50を成長させるための出発棒501が取り付けられている。

- 20 図5Aのスス付け装置には、さらにコア領域110(310)となるべき多孔質ガラス体50を堆積させるためのバーナー551が設けられており、ガス供給システム600からはバーナー551に対して所望の原料ガス(例えばGeCl₄、SiCl₄等)、燃焼ガス(H₂及びO₂)、及びArやHe等のキャリアガスが供給される。

- 25 多孔質ガラス体50の製造中、バーナー551の火炎中では、ガス供給システム600から供給された原料ガスの加水分解反応によりガラス微粒子が生成され、これらガラス微粒子が出発棒501の先端部分に堆積していく。この間、支持機構503は、その先端に設けられた支持棒502を矢印S1で示された方向に回

転させながら矢印S 2で示された方向（多孔質ガラス体5 0の長手方向）に沿って引き上げる動作を行っている。この動作により、多孔質ガラス体が出発棒5 0 1から下方に向かって成長していき、多孔質ガラス体5 0が得られる。

5 続いて、上述の第1堆積工程で得られた多孔質ガラス体5 0は、図5 Bに示された加熱容器7 0 0内に設置され、所定量の塩素を含む雰囲気中で脱水処理が施される。なお、この加熱容器7 0 0には脱水処理用ガスを供給するための導入口7 0 2と排気口7 0 1が設けられている。また、この脱水処理中、支持機構5 0 3は多孔質ガラス体5 0を矢印S 3で示された方向に回転させながら、矢印S 4で示された方向に沿って移動させるよう動作する（この動作により、多孔質ガラス体5 0全体が加熱される）。脱水処理用ガスとしては、塩素ガスの他SiCl₄等のハロゲンガスでも同様の効果が得られる。特に、SiCl₄は塩素の添加量を増加し、コア領域1 1 0（3 1 0）の屈折率を増加させる手段となり得る。

10 以上の処理を経て得られた多孔質ガラス体5 0は、引続き上述された加熱容器7 0 0内で焼結される。すなわち、図5 Cには図5 Bに示された加熱容器の主要部分のみが示されている。図示のように支持機構5 0 3が多孔質ガラス体5 0を矢印S 5で示された方向に回転させながら矢印S 6で示された方向に沿って移動させるよう動作する。この動作により、該多孔質ガラス体5 0はその先端からヒーター7 5 0内に送り込まれ、透明なコアガラス母材5 1が得られる。

15 なお、上述した多孔質ガラス体5 0の製造、脱水処理、及び焼結処理は同一の容器内で行うことも可能である。また、上述の第1堆積工程はVAD法で行われた場合について説明されているが、もちろんOVD法等の他の気相合成法でこの第1堆積工程を行ってもよい。

20 上述のように得られたコアガラス母材5 1をさらに延伸工程において所望の外径まで延伸することにより、延伸されたコアガラス母材5 2が得られる。第2堆積工程では、この延伸されたコアガラス母材5 2の外周にクラッド領域1 2 0（3 2 0）となるべき多孔質ガラス層を堆積させる。

すなわち、バーナ 900 の火炎中では、図 6 A に示されたように、ガス供給システム 600 から供給された原料ガスの加水分解反応によりガラス微粒子が生成され、これらガラス微粒子が延伸されたコアガラス母材 52 の外周に堆積していく。この間、該延伸されたコアガラス母材 52 は矢印 S16 で示された方向に回転しながら矢印 S17 で示された方向に沿って移動している。この動作により、延伸されたコアガラス母材 52 の外周に多孔質ガラス層（スス体）が堆積していき、多孔質中間体 53（スート・プリフォーム）が得られる。なお、第 5 実施例に係る光ファイバ 300 のように、複数の領域 321、322 からクラッド領域 320 が構成されている場合には、この第 2 堆積工程（図 6 A）が供給ガス濃度を変えながら必要な回数だけ行われる。

次に、以上の第 2 堆積工程を経て得られた多孔質中間体 53 は、第 2 焼結工程に先立って行われる脱水処理のため、一旦ハロゲンガスを含む雰囲気中で加熱される（図 6 B 参照）。この間、支持機構 503 は多孔質中間体 53 を矢印 S18 で示された方向に回転させながら矢印 S19、S20 で示された方向に沿って移動させるよう動作する。この動作により、該多孔質中間体 53 全体が加熱される。なお、この脱水用ガスとしては Cl_2 や SiCl_4 でよい。

続く第 2 焼結工程では、透明な光ファイバ母材 54 を得るべく、図 7 A に示されたように、脱水処理が施された多孔質中間体 53 が焼結される。この焼結工程において、延伸されたコアガラス母材 52 内の塩素が周辺のガラス体内に拡散していくことにより、得られる光ファイバのうちクラッド領域の一部には塩素が含まれるとともに、コア領域の塩素濃度は該コア領域の周辺から中心に向かって高くなる。

この焼結処理は上述の加熱容器 700 内で連続的に行われる。支持機構 503 は、多孔質中間体 53 を矢印 S21 で示された方向に回転させながら矢印 S22 で示された方向に沿って移動させるよう動作し、この動作により該多孔質中間体 53 がヒータ 750 内に送り込まれる。加熱容器 700 内に供給されるフッ素系

ガスとしては、 SF_6 又は SiF_4 などが利用可能である。このようにフッ素系ガス雰囲気中で多孔質中間体53を加熱することによりフッ素がクラッド領域120(320)となるべき多孔質ガラス層に含浸する。その後、さらに容器内温度を上げて多孔質中間体53を焼結することにより光ファイバ母材54が得られる。なお、フッ素添加量の調整は、供給されるフッ素系ガスの濃度を調整することにより行う。また、フッ素を多孔質中間体53に含浸させる処理と焼結処理とでフッ素系ガスの濃度を適宜調節することにより所望のフッ素添加濃度への調節も可能である。また、コア領域とクラッド領域の外径比を所望の値に設定するため(光の伝搬に寄与しないジャケット層の形成)、図6A及び図7Aに示された堆積工程、焼結工程をさらに行ってもよい。この場合、脱水処理を省略してもよい。

以上のような複数の工程を経て得られた光ファイバ母材54は、線引後にコア領域となるべき領域540とクラッド領域となるべき領域541から構成されている。この光ファイバ母材54の端を、図7Bに示されたように、ヒータ950に導入しながら図中の矢印S23で示された方向に引っ張りながら巻き取ることにより、この発明に係る光ファイバ100(300)が得られる。

産業上の利用可能性

以上のようにこの発明によれば、コア領域に添加される塩素のレーリ散乱係数が小さいことから、レーリ散乱に起因した伝送損失は小さい。また、塩素がコア領域に添加されることによりコア領域及びクラッド領域それぞれの物性値の差が小さくなり、コア領域とクラッド領域との間の界面における構造不整合等に起因した伝送損失も小さい。さらに、純シリカの屈折率に対するコア領域の比屈折率差のピーク値が0.05%以上であることから、曲げ損失も大きく低減される。コア領域に添加された塩素の濃度が該コア領域の周辺から中心に向かって増加している場合には、コア領域及びクラッド領域それぞれの物性値の差をさらに低減

でき、該コア領域とクラッド領域との間の界面における構造不整合等に因る伝送損失がさらに低減される。

このように当該光ファイバは、ケーブル化にも適し、長距離光通信システムにおける光伝送路として好適に利用され得る。

請求の範囲

1. 所定軸に沿って伸び、かつ所定量の塩素を含むコア領域と、該コア領域の外周に設けられ、かつ所定量のフッ素を含むクラッド領域とを備えたシリカを主成分とする光ファイバであって、
- 5 純シリカに対する前記コア領域の比屈折率差のピーク値が0.05%以上であることを特徴とする光ファイバ。
2. 前記コア領域に含まれる塩素の濃度は、該コア領域の周辺から中心に向かって増加していることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。
- 10 3. 前記クラッド領域の少なくとも一部には、塩素が含まれていることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。
4. OH基に起因した波長1.38 μ mにおける伝送損失の増加分が、0.5 dB/km以下であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。
5. 1.34 μ mかあるいはそれよりも長波長の零分散波長を有することを
- 15 特徴とする請求項1記載の光ファイバ。
6. 使用波長帯域の光に対し、100 μ m²以上の実効断面積を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。
7. 前記クラッド領域は、前記コア領域の外周に設けられるとともに、該コア領域の平均屈折率よりも低い平均屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられるとともに、該コア領域の平均屈折率よりも低くかつ該内側クラッドの平均屈折率よりも高い平均屈折率を有する外側クラッドを備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。
- 20 8. 請求項1記載の光ファイバを製造する方法であって、
- コア領域となるべき多孔質ガラス体を形成する第1堆積工程と、
- 25 純シリカに対して前記コア領域の比屈折率差のピーク値が0.05%以上となる程度に塩素元素を含む雰囲気中で前記多孔質ガラス体を加熱する脱水処理工程

と、

塩素元素が添加された前記多孔質ガラス体を透明にする第 1 焼結工程を備えた光ファイバの製造方法。

- 5 9. 前記焼結工程により得られた透明ガラス体の外周に、クラッド領域となるべき 1 又はそれ以上の多孔質ガラス層を順次堆積させる第 2 堆積工程と、

前記第 2 堆積工程により得られた 1 又はそれ以上の多孔質ガラス層を透明にする第 2 焼結工程を備えたことを特徴とする請求項 8 記載の光ファイバの製造方法。

図1A

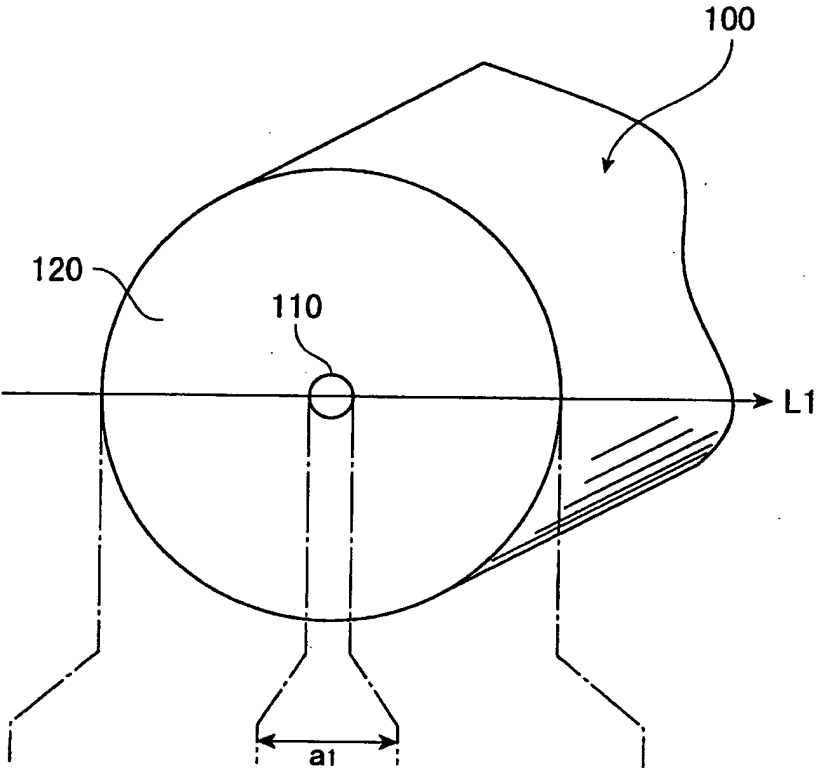


図1B

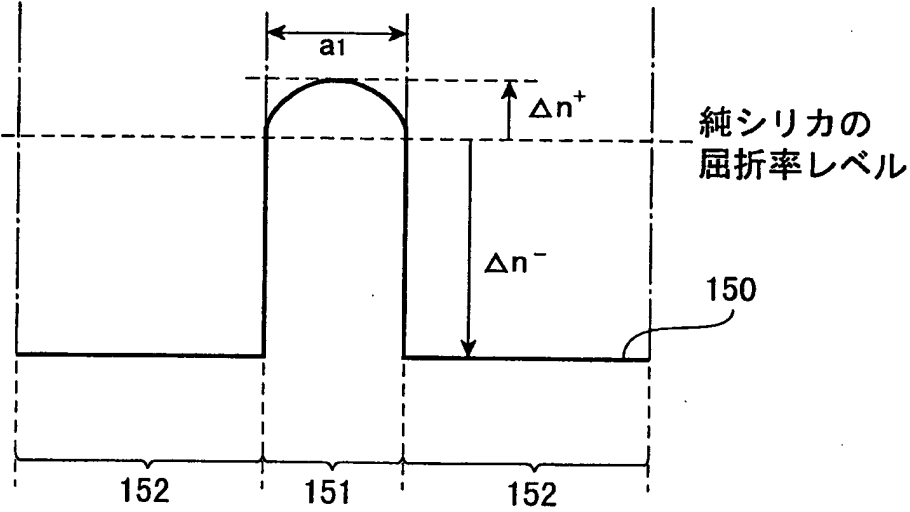


図2

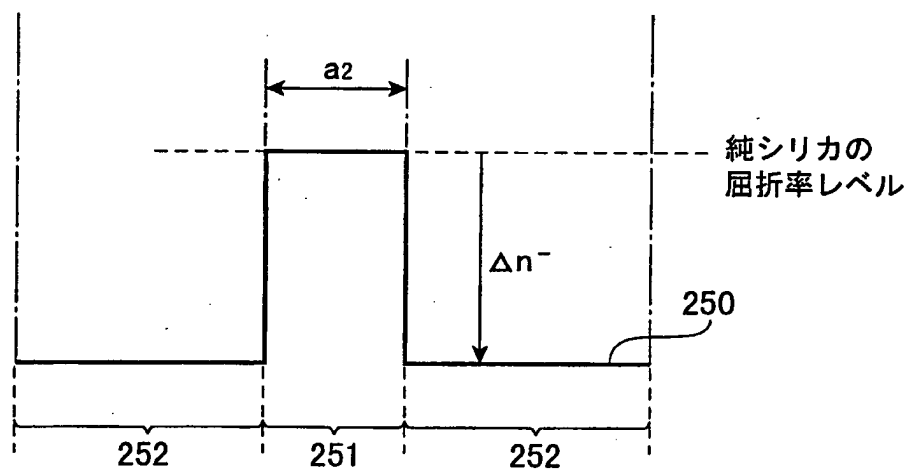


図3

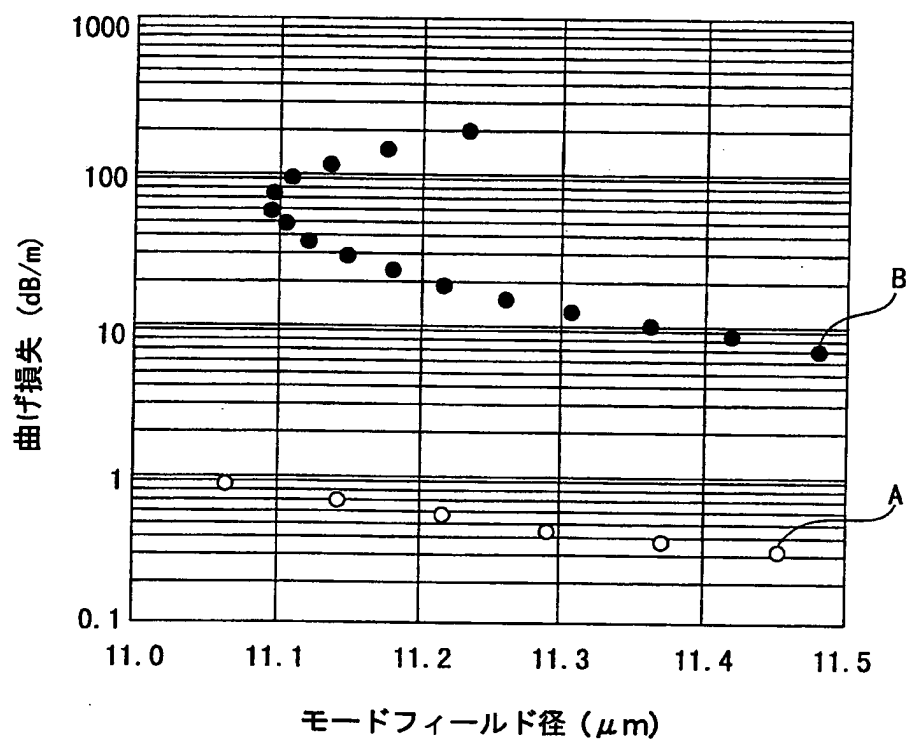


図4A

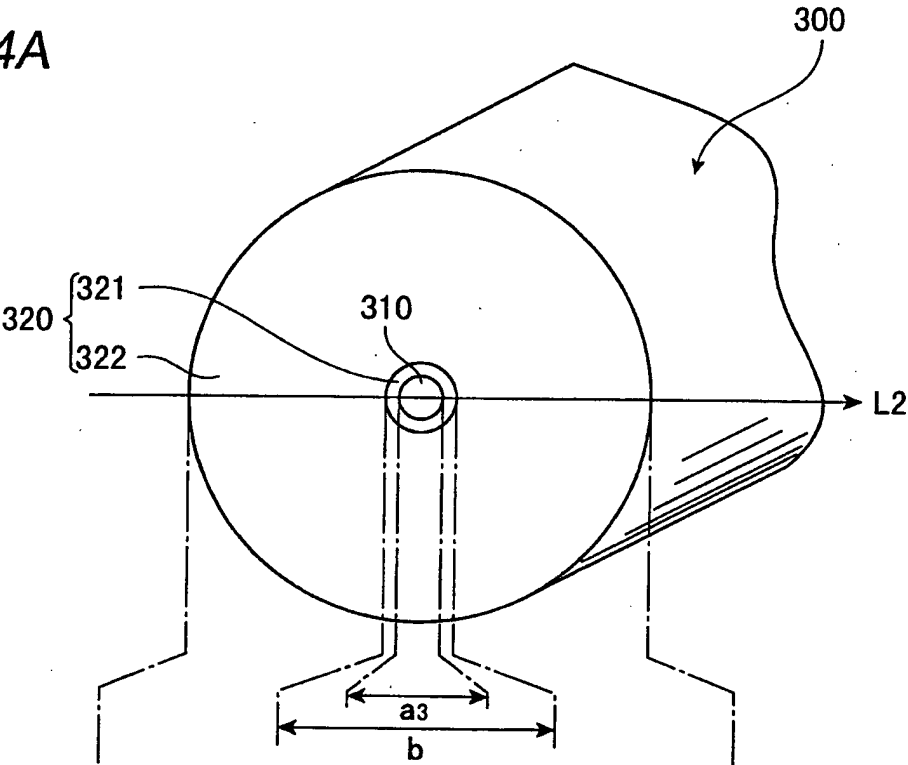


図4B

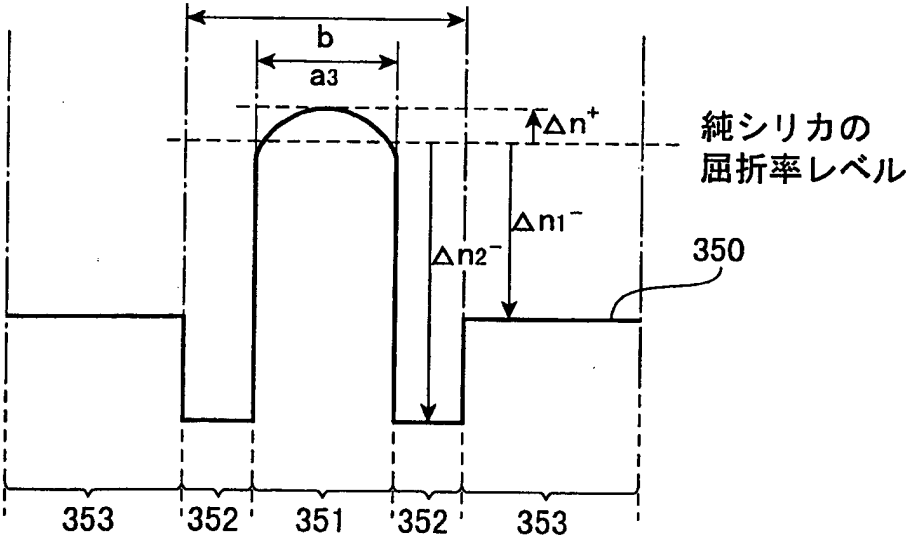


図5A

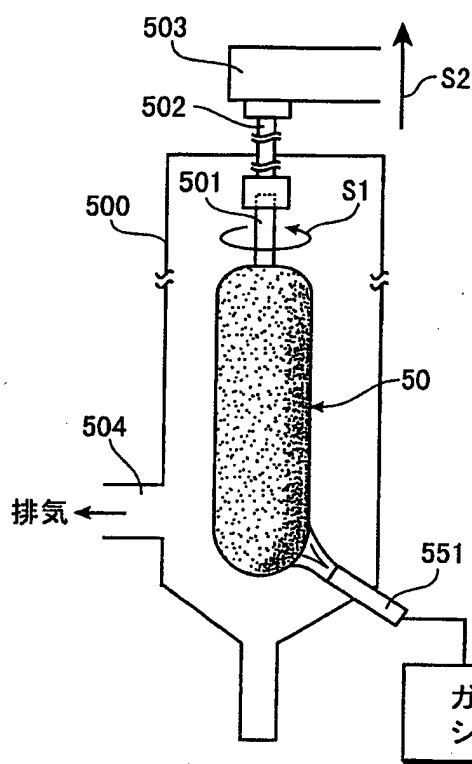


図5B

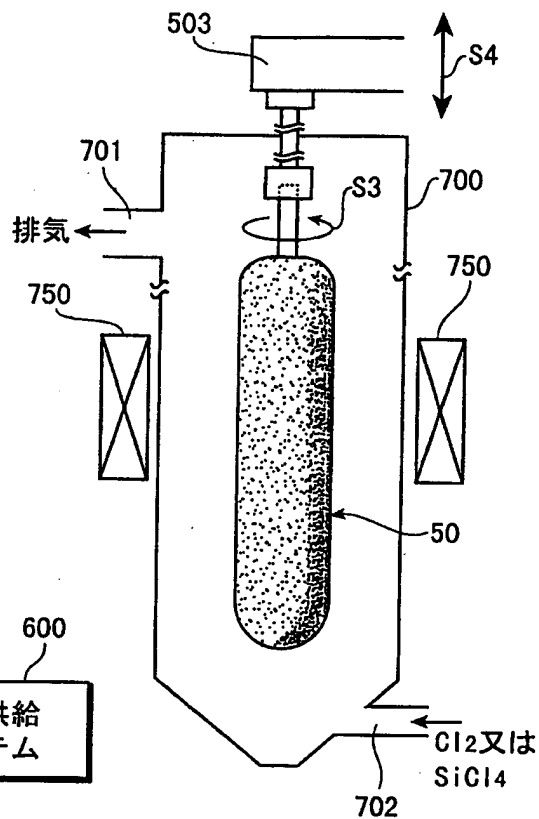


図5C

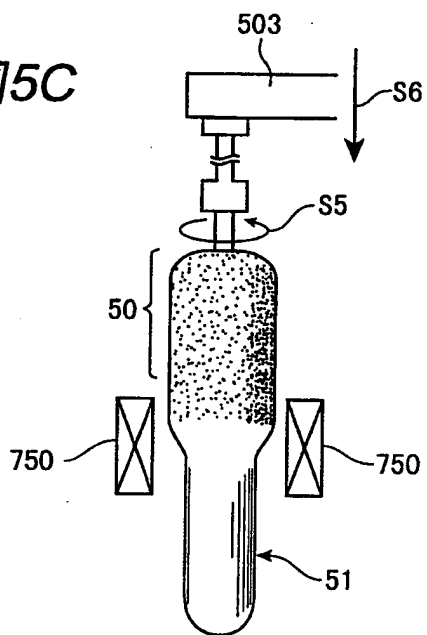


図6A

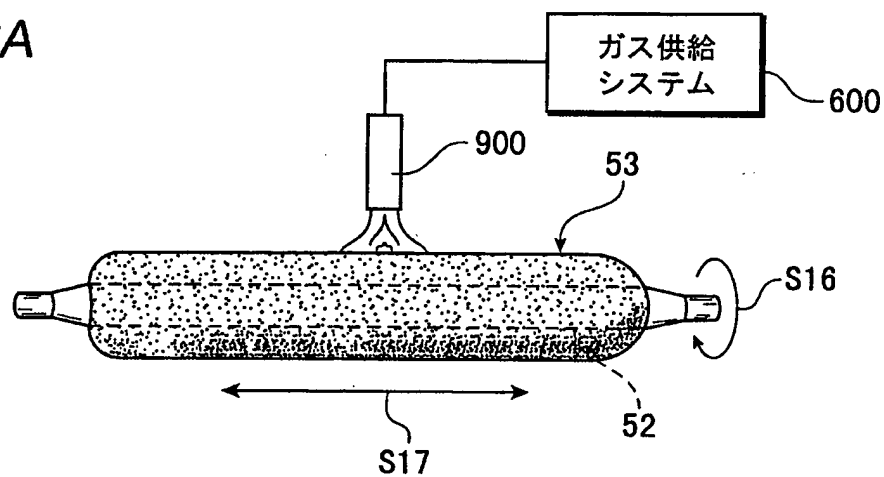


図6B

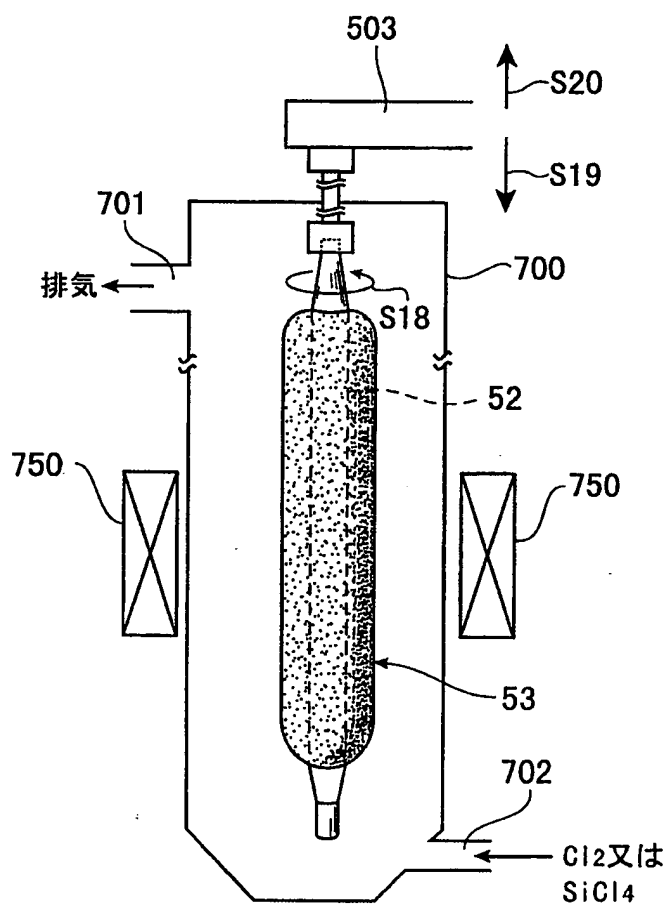


図7B

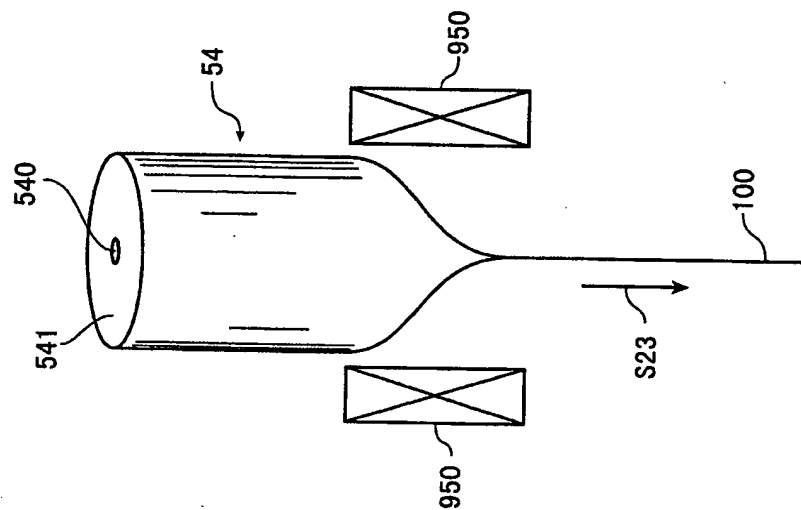
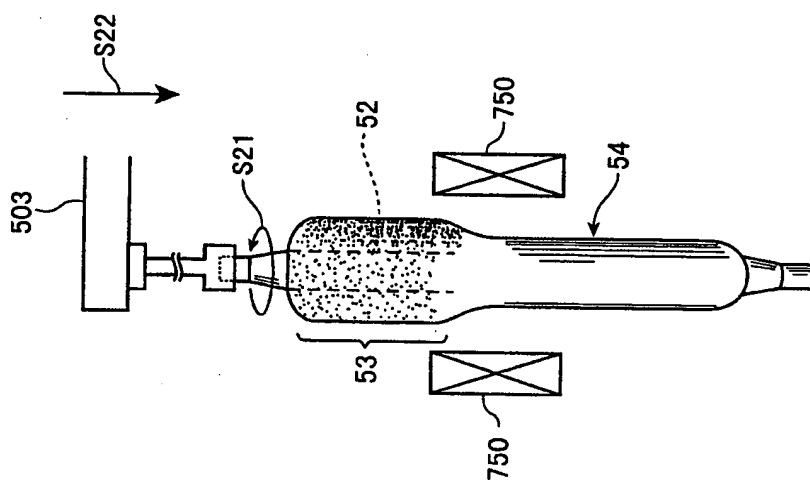


図7A



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/07060

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ G02B 6/16, 6/00, C03B 37/018

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ G02B 6/00-6/54, C03B 37/018

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2000 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2000 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2000 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X | EP, 181595, A2 (POLAROID COROPORATION), 21 May, 1986 (21.05.86) & JP, 61-122137, A & AU, 4978485, A | 1-9 |
| A | JP, 62-176941, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 03 August, 1987 (03.08.87) (Family: none) | 1-9 |
| A | JP, 3-218947, A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 26 September, 1991 (26.09.91), especially, Fig. 2 (Family: none) | 1-9 |
| A | JP, 61-40843, (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 27 February, 1986 (27.02.86), Claims; page 3, upper right column (Family: none) | 1-9 |
| A | TANAKA, DAIICHIROU et al.: High Silica Core Single-Mode Fibers for 1.55 μ m Transmission; FUJIKURA TECHNICAL REVIEW, No.19, JANUARY 1990, pp.1-6 | 1-9 |
| A | GB, 2105488, A (WESTERN ELECTRIC COMPANY LIMITED), 23 March, 1983 (23.03.83), especially, Fig. 2 | 1-9 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
14 March, 2000 (14.03.00)Date of mailing of the international search report
21 March, 2000 (21.03.00)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer.

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/07060

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| | & JP, 58-52603, A & US, 4435040, A & CA, 1170090, A & DE, 3232194, A | |
| A | JP, 10-87341, A (SHOWA ELECTRIC WIRE & CABLE CO., LTD.), 07 April, 1998 (07.04.98) (Family: none) | 1 |
| A | EP, 656326, A2 (AT&T CORP.), 07 June, 1995 (07.06.95) & JP, 7-206462, A & US, 5397372, A & CA, 2118351, A & DE, 69413181, E | 4 |
| A | JP, 10-53429, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 24 February, 1998 (24.02.98) (Family: none) | 4 |
| A | EP, 789255, A1 (CORNING INC.), 13 August, 1997 (13.08.97) & JP, 9-304640, A & CA, 2197390, A | 6 |
| A | EP, 26937, A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE PUBLIC CORPORATION), 15 April, 1981 (15.04.81) & JP, 56-52706, A & US, 4372647, A & CA, 1124119, A | 7 |

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/07060

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G 02 B 6/16, 6/00, C 03 B 37/018

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G 02 B 6/00-6/54, C 03 B 37/018

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| X | EP, 181595, A2 (POLAROID CORPORATION), 21. 5 月. 1986 (21. 05. 86) & JP, 61-122137, A, AU, 4978485, A | 1-9 |
| A | JP, 62-176941, A (住友電気工業株式会社), 3. 8 月. 1987 (03. 08. 87) (ファミリーなし) | 1-9 |
| A | JP, 3-218947, A (信越化学工業株式会社), 26. 9 月. 1991 (26. 09. 91), 特に第2図 (ファミリーなし) | 1-9 |
| A | JP, 61-40843, (古河電気工業株式会社), 27. 2 | 1-9 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 03. 00

国際調査報告の発送日

21.03.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

福田 聡

2K

9514

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

| C (続き) 関連すると認められる文献 | | |
|---------------------|---|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| | 月. 1986 (27. 02. 86), 特許請求の範囲; 第3頁, 右 上欄 (ファミリーなし) | |
| A | TANAKA, DAIICHIROU et al.: High Silica Core Single-Mode Fibers for 1.55 μ m Transmission; FUJIKURA TECHNICAL REVIEW, No. 19, JANUARY 1990, pp. 1-6 | 1-9 |
| A | GB, 2105488, A (WESTERN ELECTRIC COMPANY LIMITED), 23. 3月. 1983 (23. 03. 83), 特に第2図 & JP, 58-52603, A&US, 4435040, A &CA, 1170090, A&DE, 3232194, A | 1-9 |
| A | JP, 10-87341, A (昭和電線電纜株式会社), 7. 4 月. 1998 (07. 04. 98) (ファミリーなし) | 1 |
| A | EP, 656326, A2 (AT&T CORP.), 7. 6月. 1995 (07. 06. 95) & JP, 7-206462, A&US, 5397372, A &CA, 2118351, A&DE, 69413181, E | 4 |
| A | JP, 10-53429, A (住友電気工業株式会社), 24. 2 月. 1998 (24. 02. 98) (ファミリーなし) | 4 |
| A | EP, 789255, A1 (CORNING INC.), 13. 8月. 1997 (13. 08. 97) & JP, 9-304640, A&CA, 2197390, A | 6 |
| A | EP, 26937, A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE PUBLIC CORPORATION), 15. 4月. 1981 (15. 04. 81) & JP, 56-52706, A &US, 4372647, A&CA, 1124119, A | 7 |